



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

**NÁVRH A POSOUZENÍ VYBRANÝCH NOSNÝCH  
PRVKŮ ŽELEZOBETONOVÉ KONSTRUKCE**

DESIGN AND ASSESSMENT OF SELECTED STRUCTURAL MEMBERS OF REINFORCED  
CONCRETE STRUCTURE

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Jakub Niesner**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. VOJTĚCH KOSTIHA**

**BRNO 2018**



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608R001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jakub Niesner
Název	Návrh a posouzení vybraných nosných prvků železobetonové konstrukce
Vedoucí práce	Ing. Vojtěch Kostiha
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

---

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **PODKLADY A LITERATURA**

Podklady:

Stavební podklady v nutném rozsahu – tvarové řešení, půdorysy, řezy, geologie.

Platné předpisy a normy (včetně změn a oprav):

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí;

ČSN EN 1991-1 až 7: Zatížení stavebních konstrukcí;

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby;

ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb;

ČSN EN 206 Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda.

Další literatura na základě doporučení vedoucího práce.

## **ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ**

Pro zadaný objekt proveďte statický návrh vybraných částí konstrukce. Řešení proveďte pomocí dostupného MKP programu. Dále proveďte kontrolu výsledků pomocí vhodné zjednodušené ruční metody. Práce bude obsahovat dimenzování vybraných částí konstrukce (dle zadání vedoucího), výkresy tvaru a výztuže dimenzovaných částí. Ostatní činnosti a případné zjednodušení zadané konstrukce provádějte v souladu s pokyny vedoucího bakalářské práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic).

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady;

P2. Výkresy tvaru a výztuže (v rozsahu určeném vedoucím práce);

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím práce);

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x);

Popisný soubor závěrečné práce (1x);

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1x na CD.

## **STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá statickým řešením nosné železobetonové konstrukce administrativního objektu o třech nadzemních podlažích. V práci je řešen návrh a posouzení vybraných nosných prvků, konkrétně železobetonový vnitřní sloup, průvlak a křížem vyztužená stropní deska nad 1. NP. Konstrukce je navržena a posouzena na mezní stav únosnosti a použitelnosti.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

železobetonová konstrukce, administrativní objekt, křížem vyztužená stropní deska, sloup, průvlak, dimenzování

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with the static solution of the loadbearing reinforced concrete structure of administrative three-storey building. The thesis deal with design and assessment of selected loadbearing elements, specifically reinforced concrete column, beam and cross reinforced concrete slab, above the ground floor. The structure is designed and checked for the ultimate limit state and useability.

## **KEYWORDS**

reinforced concrete structure, administrative building, cross reinforced concrete floor slab, column, beam, dimensioning

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

Jakub Niesner *Návrh a posouzení vybraných nosných prvků železobetonové konstrukce*. Brno, 2018. 8 s., 76 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Vojtěch Kostiha

## **PODĚKOVÁNÍ**

V první řadě děkuji vedoucímu práce Ing. Vojtěchu Kostihovi za trpělivost, ochotu a čas, který mi věnoval při konzultacích, ve kterých mi předal spoustu odborných rad a cenných připomínek.

Dále děkuji své rodině a přátelům, kteří mě po celou dobu zpracovávání práce podporovali

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 22. 5. 2018

---

Jakub Niesner  
autor práce



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

**NÁVRH A POSOUZENÍ VYBRANÝCH NOSNÝCH  
PRVKŮ ŽELEZOBETONOVÉ KONSTRUKCE**

DESIGN AND ASSESSMENT OF SELECTED STRUCTURAL MEMBERS OF REINFORCED  
CONCRETE STRUCTURE

**TEXTOVÁ ČÁST**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Jakub Niesner**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. VOJTĚCH KOSTIHA**

**BRNO 2018**



## Obsah

Obsah .....	9
1. ÚVOD .....	10
2. POPIS KONSTRUKCE.....	11
2.1 Původní konstrukce objektu .....	11
2.2 Navržená konstrukce .....	11
3. MATERIÁLY .....	11
4. ZATÍŽENÍ.....	12
5. STATICKÉ ŘEŠENÍ KONSTRUKCE .....	12
5.1 Výpočtový model .....	12
5.2 Ověření vnitřních sil ruční metodou .....	13
6. NÁVRH OHYBOVÉ VÝZTUŽE.....	13
7. POSOUZENÍ MEZNÍHO STAVU POUŽITELNOSTI.....	14
8. PODMÍNKY PRO PROVEDENÍ KONSTRUKCE .....	14
9. ZÁVĚR.....	14
10. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	14
11. POUŽITÝ SOFTWARE.....	15
12. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	15
13. SEZNAM PŘÍLOH .....	16

## 1. ÚVOD

Práce se zabývá návrhem a posouzením vybraných železobetonových částí administrativní budovy, nacházející se v lázeňském městě Jeseník. Objekt je samostatně stojící a má tři nadzemní podlaží. Vybrané části pro statický posudek jsou: stropní deska nad 1. nadzemním podlažím, nad kterou se nachází kanceláře. Dále průvlak a vnitřní sloup v 1. NP.

Současný objekt je řešen jako montovaný skelet. Stropní desky jsou filigránové. Cílem této práce je vytvořit statický model celého objektu pro určení vnitřních sil a dále vybrané prvky navrhnout jako monolitické a posoudit mezní stavy únosnosti a použitelnosti dle platných norem, a to zejména ČSN EN 1992-1-1.

Zatížení je spočítáno s ohledem na reálné využití objektu a jeho polohu v terénu. Vnitřní a obvodové zděné konstrukce jsou zvoleny stejného typu jako v původním objektu.

Pro vytvoření statického modelu a výpočet vnitřních sil jsem zvolil výpočetní MKP software SCIA Engineer. Zjednodušenou deformační metodou výseku rámu jsem ověřil správnost výpočtu.

Na výsledky z programu SCIA Engineer je navržena výztuž posuzovaných prvků. Součástí práce je ověření mezního stavu použitelnosti stropní desky a průvlaku.

## 2. POPIS KONSTRUKCE

Objekt je řešen jako nepodsklepený, třípodlažní rámový skelet s plochou střechou, obdélníkového půdorysu o rozměrech 14,3 x 10,3 m. Objekt se nacházející ve městě Jeseník na parcelním čísle 2037/119 a plní funkci administrativní budovy. Je založen na základových patkách, nosný skelet je ze železobetonu. Obvodový plášť tvoří vápenopískové tvárnice. Vnitřní příčky jsou sádkartonové nebo prosklené. Střecha je jednoplášťová plochá s vrchní vodotěsnou vrstvou z PVC.

### 2.1 Původní konstrukce objektu

Jedná se o prefabrikovaný montovaný skelet s filigránovými stropními deskami. Objekt je založen na kalichových patkách, do kterých jsou vetknuty sloupy, tvořící spolu s průvlaky tuhý rám. Ve směru kolmém na rám je tuhost zajištěna stropními ztužidly. Obvodové stěny jsou vyzděny z vápenopískových tvárnic Vapis a vynášejí obvodový plášť, který je tvořen kontaktním zateplovacím systémem v posledním patře a jako větraná fasáda v prvních dvou nadzemních podlažích. Vnitřní příčky vynášející zařizovací předměty jsou zděné, jinak sádkartonové ale většinou skleněné. Jako komunikační spojení jednotlivých podlaží slouží tříramenné pravotočivé schodiště, v jehož zrcadle je umístěna prosklená výtahová šachta.

### 2.2 Navržená konstrukce

Celý objekt je navržen jako monolitický. Řešená stropní deska, procházející spojitě nad průvlaky, je navržena tloušťky 160 mm. Obdélníkové sloupy 300x400 mm uvažují kvůli statickému schématu jako vetknuté do monolitických základových patek, které ale nejsou součástí výpočtu. Průvlak má stejnou šířku jako sloup, tedy 300 mm a jeho výška je 450 mm.

Do výpočtu zatížení uvažují skladby podlah a obvodových konstrukcí co nejvíce podobné skutečnému provedení. Rovněž účel objektu jako administrativní budova a jeho umístění na reálné parcele se projevují do zatížení.

V konstrukci se nachází několik menších otvorů pro rozvody inženýrských sítí a dešťové odpadní potrubí a jeden větší prostup pro vzduchotechniku.

## 3. MATERIÁLY

- **BETON: C30/37 - XC1**

$$f_{CK} = 30 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{CD} = 20,0 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$E_{CM} = 32 \text{ GPa}$$

$$E_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$$

- OCEL: B 500B  
 $f_{yk} = 30 \text{ MPa}$   
 $Y_c = 1,15$   
 $f_{cd} = 434,78 \text{ MPa}$   
 $E_s = 210 \text{ GPa}$   
 $\varepsilon_{yd} = 2,17 \text{ ‰}$

## 4. ZATÍŽENÍ

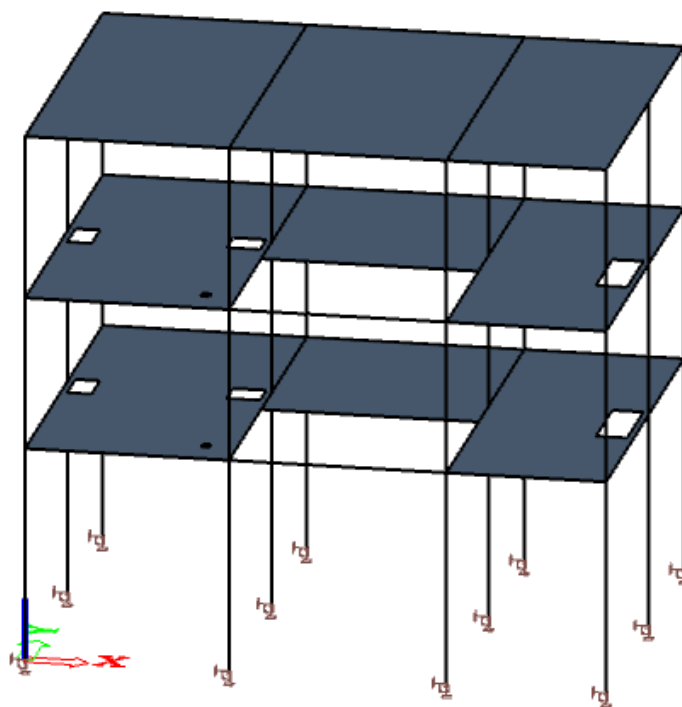
Jednotlivé hodnoty zatížení jsou uvedeny v příloze P3. Statický výpočet a byly stanoveny na základě podkladové výkresové dokumentace, aby co nejvíce odpovídali skutečnému provedení a byly v souladu s platnými, příslušnými normami.

Zatížení sněhem bylo stanoveno dle mapy sněhových oblastí portálu ČHMÚ, dle které se objekt nachází ve IV. sněhové oblasti. Hodnota zatížení sněhem je  $1,4 \text{ kN/m}^2$ . Posuzované konstrukce rovněž ovlivňuje zatížení větrem, se kterým bylo v jednotlivých směrech, působící na konstrukci počítáno. Na střeše, kategorie H – nepřístupné střechy s výjimkou běžné údržby a oprav, je uvažováno užité zatížení  $0,75 \text{ kN/m}^2$ .

Jelikož se v objektu nachází většinou skleněné příčky, které je možné přemístit, uvažují přídavné užité zatížení  $0,5 \text{ kN/m}^2$ . Rozmístění sádkartonových příček je také velmi proměnné, proto bylo zatížení příčkami uvažováno plošně. Užité zatížení, dle kategorie budovy B – kancelářské plochy, je  $3,0 \text{ kN/m}^2$  a v celkovém součtu představuje hodnotu  $4,0 \text{ kN/m}^2$ .

## 5. STATICKÉ ŘEŠENÍ KONSTRUKCE

### 5.1 Výpočtový model



Výpočtový model pro zjištění vnitřních sil byl vytvořen v programu SCIA Engineer 17.1 jako 3D model celé budovy. Pevné podepření sloupů tuhé ve všech směrech nejvíce odpovídá skutečnému vetknutí do základové patky. Průvlak je definován jako žebro se spolupůsobící šířkou desky, na které je možno předpokládat rovnoměrně rozdělení napětí. Deska je modelována včetně všech uvažovaných prostupů a otvoru pro schodišťový prostor. Síť konečných prvků byla nastavena na průměrnou velikost prvku 0,15 m přibližně odpovídající tloušťce desky.

## **5.2 Ověření vnitřních sil ruční metodou**

Vypočtené hodnoty ohybových momentů na průvlaku byly ověřeny zjednodušeným výpočtem při využití metody rámových výseků. Metoda je založena na principu náhradního výseku konstrukce, ve kterém se zohledňují jednotlivé tuhosti prvků. Návaznost ve svislém i vodorovném směru je dána předpokladem pootočení styčníků. Momenty v poli na delším rozpětí se liší oproti ruční metodě o 17 %. Na kratším rozpětí jsou téměř stejné. Momenty nad vnitřní podporou se liší o 15 % a nad krajními až o 25 %. Obecně jsou nad podporami momenty menší, a to z důvodu přerozdělení do druhého směru ve 3D modelu, což více odpovídá reálné situaci.

Pro dimenzování vybraných prvků byly použity výsledky z programu SCIA Engineer.

Při výpočtu extrémů vnitřních sil a deformací byly použity následující kombinace:

MSÚ rovnice 6.10a

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

MSÚ rovnice 6.10b

$$\sum_{j \geq 1} \xi \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

MSP kombinace kvazistálá

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + \psi_{2,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

## **6. NÁVRH OHYBOVÉ VÝZTUŽE**

Byl proveden návrh výztuže základní sítě u obou povrchů desky. Pro vyšší hodnoty ohybového namáhání byla blíže povrchu umístěna výztuž rovnoběžná se směrem X. Krytí prutu, stanovené dle průměru, životnosti a stupně vlivu prostředí, je zvoleno 20 mm. Základní rastr je tvořen výztuží  $\varnothing 8$  po 200 mm při obou površích V místech extrémního ohybového momentu je základní rastr doplněn prutovou výztuží  $\varnothing 8$  také po 200 mm, což vytváří celkové vyztužení  $\varnothing 8$  po 100 mm. Na všechny volné okraje desky byla navržena lemovací výztuž tvaru "U" zakotvena na dvě tloušťky desky.

## 7. POSOUZENÍ MEZNÍHO STAVU POUŽITELNOSTI

Mezní deformace byly posouzeny na řešené stropní desce a průvlaku. Omezení deformací bylo provedeno dle ČSN EN 1992-1-1. Spočtené deformace nesmí překročit mezní hodnoty průhybů odvozených z ISO 4356 a mají zajistit vyhovující funkčnost stavby. Pro vypočtené deformace pomocí programu SCIA Engineer byla použita kvazistálá kombinace. Na desce i průvlaku byl posouzen okamžitý průhyb po zabudování, který nemá překročit mezní hodnotu  $l/500$  a celkový průhyb s dotvarováním, který nemá překročit mezní hodnotu  $l/250$ . Průhyb posuzovaných prvků ani v jednom případě nepřekročil mezní hodnotu.

## 8. PODMÍNKY PRO PROVEDENÍ KONSTRUKCE

Je nutné respektovat předpis o bezpečnosti práce. Při provádění navrhované konstrukce je nutné se řídit normou ČSN EN 206.

Pro betonářskou výztuž, která je navržena B 500B je nutné dodržet požadovanou krycí vrstvu. Pro desku D1 je to při obou površích 20 mm, pro průvlak RT1 a sloup S1 je to 25 mm.

Výroba betonu, betonáž a ošetřování betonu musí být provedeno dle platných norem, včetně všech změn. Konzistence čerstvého betonu musí být S3.

Je nutné řídit se prováděcí normou ČSN EN 13670: TŘÍDA PROVÁDĚNÍ – 1, TŘÍDA OŠETŘOVÁNÍ – 1

## 9. ZÁVĚR

Dle platných norem byla navržena konstrukce, která vyhoví na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti. Podrobný statický výpočet vybraných částí konstrukce je v příloze P2. Statický výpočet.

výstupem této bakalářské práce jsou výrobní výkresy stropní desky, průvlaku a sloupu.

## 10. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

NP	nadzemní podlaží
$f_{ck}$	charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku ve stáří 28 dní
$f_{cd}$	návrhová pevnost betonu v tlaku
$f_{ctm}$	průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu
$f_{ctk0,05}$	pevnost v tahu betonu – pětiprocentní kvantil
$f_{ctd}$	návrhová pevnost betonu v tahu
$E_{cm}$	sečnový modul pružnosti betonu
$\varepsilon_{cu3}$	mezní poměrné stlačení betonu
$f_{yk}$	charakteristická mez kluzu betonářské výztuže
$f_{yd}$	návrhová mez kluzu betonářské výztuže
$f_{ywd}$	návrhová mez kluzu betonářské smykové výztuže
$E_s$	návrhová hodnota modulu pružnosti betonářské oceli
$\varepsilon_{yd}$	mezní poměrné protažení oceli
$q_k$	proměnné zatížení

$\gamma_s$	dílčí součinitel spolehlivosti betonářské oceli
$\gamma_c$	dílčí součinitel spolehlivosti betonu
$\gamma_G$	součinitel stálého zatížení
$\gamma_Q$	součinitel proměnného zatížení
$\psi_0$	kombinační součinitel
$\xi$	kombinační součinitel
$mxD-$	hodnota dim. ohybového momentu ve směru x, dolní okraj
$myD-$	hodnota dim. ohybového momentu ve směru y, dolní okraj
$mxD+$	hodnota dim. ohybového momentu ve směru x, horní okraj
$myD+$	hodnota dim. ohybového momentu ve směru y, horní okraj
$A_c$	průřezová plocha betonu
$A_s$	průřezová plocha betonářské výztuže
$A_{s,prov}$	navržená plocha výztuže
$A_{s,req}$	potřebná plocha výztuže
$A_{s,w}$	průřezová plocha smykové výztuže
$L$	účinné rozpětí
$MED$	návrhová hodnota ohybového momentu
$NED$	návrhová hodnota normálové síly
$VED$	návrhová hodnota posouvající síly

## 11. POUŽITÝ SOFTWARE

AutoCAD 2014  
 CADKON-RCD 2018  
 SCIA Engineer 17.1  
 Microsoft Office 2017

## 12. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ZICH, Miloš. Příklady posouzení betonových prvků dle eurokódů. Praha: Dashöfer, 2010. ISBN 978-80-86897-38-7.
- [2] ČSN EN 1992-1-1 ed. 2. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- [3] ČSN EN 1991-1-1. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.
- [4] ČSN EN 1991-1-3 ed. 2. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem.
- [5] ČSN EN 1991-1-4 ed. 2. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem.
- [6] ČERVENKA, Petr. Statické a konstrukční tabulky – 3. vydání – část I. II.

## **13. SEZNAM PŘÍLOH**

### **P1. POUŽITÉ PODKLADY**

PŮDORYS 1. NP  
ŘEZ OBJEKTEM  
POHLEDY

### **P2. VÝKRESY TVARU A VÝZTUŽE**

VÝKRES TVARU STROPNÍ DESKY D1 NAD 1. NP  
VÝKRES DOLNÍ VÝZTUŽE DESKY D1  
VÝKRES HORNÍ VÝZTUŽE DESKY D1  
VÝKRES VÝZTUŽE PRŮVLAKU RT1  
VÝKRES VÝZTUŽE A TVARU SLOUPU S1

### **P3. STATICKÝ VÝPOČET**